

ŠOLSKI CENTER CELJE

Srednja šola za strojništvo, mehatroniko in medije

ROBOTSKO VARJENJE STIKALNEGA BLOKA

RAZISKOVALNA NALOGA

Avtorja:

Matic MAJER, M-4. c
Tomo PŠENIČNIK, M-4. c

Mentorja:

mag. Andro Glamnik, univ. dipl. inž.
Matej Veber, univ. dipl. inž.

Mestna občina Celje, Mladi za Celje
Celje 2016

POVZETEK

V današnjem času si ne moremo predstavljati industrije brez robotov, ki nadomestijo človekova opravila. Roboti so zanesljivejši, hitrejši in natančnejši kakor ljudje. Zaradi robotizacije ogromno delavcev izgubi službo, kar ni ravno prednost. A vendar je dobro izhodišče za zaposlovanje novih, mladih programerjev in operaterjev, ki robota nadzorujejo in ga "naučijo" različnih gibov. Varjenje je za delavca zelo neprijazno, saj vseskozi vdihuje različne, zdravju škodljive pline, ki pri tem nastajajo. Ob tem nastaja tudi močan snop svetlobe, zaradi katere se lahko varilcu čez čas poslabša vid. Te motnje na robota ne vplivajo, zato je idealno nadomestilo za delavca. Prav tako je delo hitrejše in natančnejše ter brez postanka, kar je razlog za hitro povrnitev investicije, ob vsem tem pa vseskozi ostaja tudi enaka karakteristika zvara.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
2	HIPOTEZE.....	2
3	METODE RAZISKOVANJA.....	3
4	PREDSTAVITEV ROBOTSKE CELICE	4
4.1	VARILNI ROBOT KUKA KR5-2 HW	5
4.2	VRTLJIVA MIZA DKP-400.....	5
4.3	VARILNI IZVOR FRONIUS TRANSPULS SYNERGIC 4000.....	5
5	KUKA KR 5-2 ARC HW.....	6
5.1	ZGRADBA ROBOTA	7
5.2	GLAVNE OSI VRTENJA.....	7
5.3	PROSTORSKI DOSEG ROBOTA	8
5.4	TEHNIČNE SPECIFIKACIJE ROBOTA.....	9
6	KUKA SmartPAD-uporabniški vmesnik.....	10
7	VRTLJIVA MIZA KUKA DKP-400.....	12
8	FRONIUS TRANSPULS SYNERGIC 4000.....	13
8.1	ZGRADBA.....	14
8.2	TEHNIČNE SPECIFIKACIJE	14
8.3	PROGRAMIRANJE JOB-ov	16
9	MIG/MAG-VARJENJE	20
10	KUKA ARCTECH BASIC	22
11	PROGRAMIRANJE	26
11.1	OSNOVNI GIBI	26
11.1.1	PTP-gib.....	26
11.1.2	LIN-gib.....	26
11.1.3	CIRC-gib	26
11.2	PRIMER PROGRAMA	27
12	PRIMERJAVA ZVAROV	29
12.1	VZORCI TKANJA	29
12.2	ZVARI V ODVISNOSTI OD HITROSTI	30
13	REALIZACIJA VARJENJA.....	31
13.1	IZRIS VARJENCA V SOLIDWORKSU.....	31
13.2	IZDELAVA PLOŠČE ZA VPENJANJE	32
13.3	VARJENJE STIKALNEGA BLOKA	33
13.3.1	PROGRAM VARJENJA STIKALNEGA BLOKA	37

14	ZAKLJUČEK.....	38
15	ZAHVALA.....	39
16	VIRI.....	40

KAZALO SLIK

Slika 1: Robotska celica v učilnici A 30	4
Slika 2: Hollow wrist.....	6
Slika 3: Zgradba robota	7
Slika 4: Smeri vrtenja osi	7
Slika 5: Delovni prostor robota	8
Slika 6: Varilni robot na ŠCC	9
Slika 7: Sprednja stran SmartPAD-a.....	10
Slika 8: Zadnja stran SmartPAD-a	11
Slika 9: Vrtljiva miza Kuka DKP-400	12
Slika 10: Varilni izvor TransPuls Synergic 4000.....	13
Slika 11: Zgradba in sestavni deli izvora	14
Slika 12: Nadzorna plošča.....	15
Slika 13: Korak 1.....	16
Slika 14: Korak 2.....	17
Slika 15: Korak 3.....	18
Slika 16: Korak 4.....	18
Slika 17: Korak 5.....	19
Slika 18: MIG/MA -postopek varjenja.....	20
Slika 19: ArcTech varjenje.....	22
Slika 20: Parametri karakteristike zvara.....	23
Slika 21: Diagram frekvence varjenja	25
Slika 22: Ukaz za PTP-gib	26
Slika 23: Ukaz za LIN-gib	26
Slika 24: Ukaz za CIRC-gib.....	26
Slika 25: Primer programa	27
Slika 26: Varjenje števila 5	28
Slika 27: Varjenec in priprava za vpenjanje na vrtljivo mizo	31
Slika 28: Podlaga za vpenjanje stikalnega bloka	32
Slika 29: Vpenjanje stikalnega bloka	33
Slika 30: Optimalna postavitev za varjenje.....	34
Slika 31: Varjenje stikalnega bloka.....	35

Slika 32: Oblika končnega zvara.....	36
Slika 33: Program varjenja stikalnega bloka.....	37

KAZALO TABEL

Tabela 1: Sestavni deli robota	7
Tabela 2: Neznane dimenzije	8
Tabela 3: Tehnične specifikacije robota.....	9
Tabela 4: Glavni deli SmartPAD-a, sprednja stran	10
Tabela 5: Glavni deli SmartPAD-a, zadnja stran	11
Tabela 6: Tehnični podatki vrtljive mize Kuka DKP-400	12
Tabela 7: Sestavni deli varilnega izvora	14
Tabela 8: Tehnične specifikacije varilnega izvora	14
Tabela 9: Glavni deli nadzorne plošče varilnega izvora	15
Tabela 10: Prednosti in slabosti obeh postopkov varjenja	21
Tabela 11: Tabela vzorcev tkanja.....	24
Tabela 12: Opis programa	28
Tabela 13: Primerjava vzorcev tkanja	29
Tabela 14: Zvari v odvisnosti od hitrosti od varjenja.....	30
Tabela 15: Analiza zastavljenih hipotez.....	38

1 UVOD

Za raziskovalno nalogo sva se odločila, ker naju zanimajo roboti, kar je tudi eden izmed glavnih razlogov, zakaj sva se vpisala na to šolo. Poskušala bova zvariti problematičen kos v lokalnem podjetju Cinkarna Celje in nato to realizirati v njihovi tovarni.

Robotsko varjenje se v vedno večji meri uveljavlja v raznoraznih podjetjih, saj svetovni trg teži k avtomatizaciji proizvodnih linij, s čimer se posledično poveča kakovost in kvantiteta proizvedenega.

Pri varjenju sva naletela na težave, saj varjenje tega kosa ni bilo mogoče samo z robotom. Zato sva težavo rešila z uporabo dvoosne vrtljive mize DKP-400.

2 HIPOTEZE

Dandanes se roboti pojavljajo v vse več proizvodnjah, kar pomeni, da so zmogljivejši od delavcev. Želiva dokazati, da se pri varjenju tega kosa poveča število zavarjenih kosov dnevno, kar pomeni, da se investicija robota v dokaj hitrem času povrne. Zadala sva si, da ugotoviva, v kolikšen času se avtomatizacija linije povrne lastniku.

Zastavila sva si sledeče hipoteze:

- Varjenje stikalnega bloka je mogoče z robotom.
- Varjenje z robotom je hitrejše.
- Avtomatizacija poveča varnostni in zdravstveni standard.
- Robot dela 24 ur dnevno, kar je za človeka nemogoče.
- Konstantna karakteristika zvara.

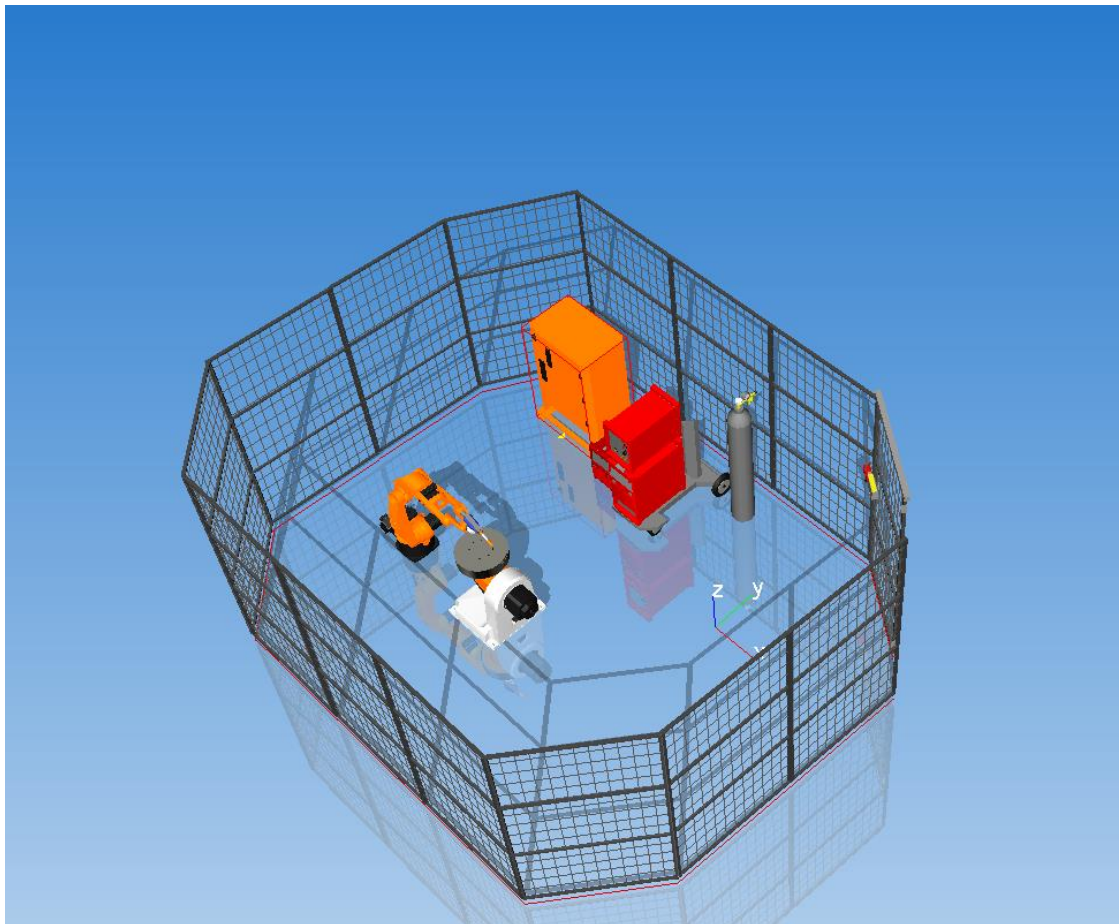
3 METODE RAZISKOVANJA

Pri raziskovalnem delu sva uporabila različne metode raziskovanja. Najprej je potrebno pridobiti čim več informacij glede najinega predmeta raziskovanja, nato pa preučiti strokovno literaturo, kar sva napravila s pomočjo spletnih virov, strokovne literature in priložene dokumentacije.

Pri pregledovanju raznih dokumentacij sva uporabila metodo analize in sinteze. Prav tako nama je velik del prispevalo tudi znanje, ki sva ga pridobila v štirih letih šolanja. Pri končnem varjenju kosa sva uporabila metodo primerjanja, pri kateri sva primerjala kakovost zvara pri različnih parametrih.

4 PREDSTAVITEV ROBOTSKE CELICE

Robotska celica se nahaja v učilnici A 30 na Srednji šoli za strojništvo, mehatroniko in medije Celje. V njej sta dva robota, znanega proizvajalca Kuka, in dvoosna vrtljiva miza. Prvi, večji robot je namenjen frezanju, drugi, manjši pa varjenju. Prav tako celica vsebuje varilni izvor TransPlus Synergic 4000, proizvajalca Fronius in odsesovalno napravo FilterMax C25, proizvajalca Nederman. Prisotnost v celici pa preverja senzor S30A-7111CP.



Slika 1: Robotska celica v učilnici A 30

4.1 VARILNI ROBOT KUKA KR5-2 HW

Za aplikacijo robotskega varjenja nam KUKA ponuja robota, ki je namenjen prav varjenju. Od drugih Kukinih robotov se razlikuje po tem, da je okretnejši, kar pomeni, da doseže večje amplitude gibov. Njegova nosilnost pri popolnem iztegu robotskih osi je 5 kg, kar za aplikacijo varjenja popolnoma zadošča, saj ima varilna pištola, ki jo robot nosi, le 1 kg.

4.2 VRTLJIVA MIZA DKP-400

Za namene varjenja je KUKA ustvarila univerzalno samostojno mizo, ki vsebuje 2 osi (E1 in E2). S tem robotu omogočamo varjenje težje dostopnih in zapletenejših obdelovancev. Prav tako nam sinhrona uporaba te mize z robotom omogoča veliko hitrejše delovanje.

4.3 VARILNI IZVOR FRONIUS TRANSPULS SYNERGIC 4000

Varilni izvor je visoke kakovosti in eden izmed boljših v tej kategoriji na trgu. V celoti je digitaliziran in mikroprocesorsko nadzorovan. Omogoča nam MIG/MAG-varjenje, TIG-varjenje in ročno obločno varjenje.

5 KUKA KR 5-2 ARC HW

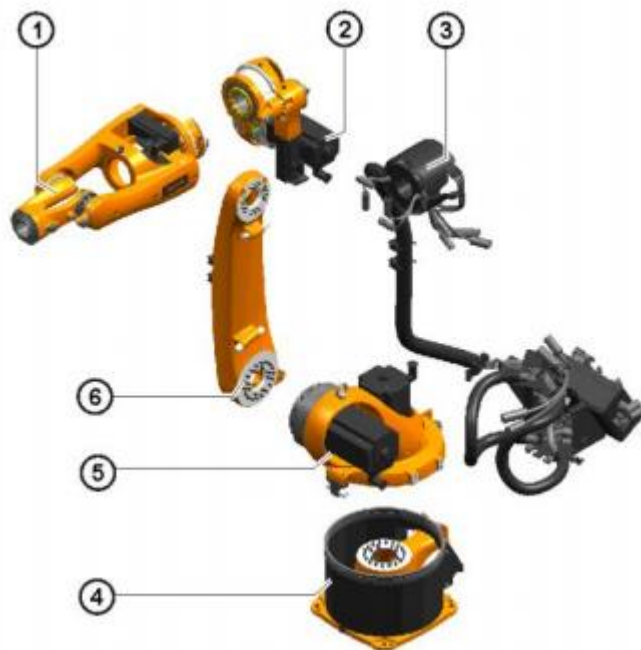
Kuka KR5-2 ARC HW je robot, s katerim sva pri najini raziskovalni nalogi varila. Glede na to, da je ta robot eden izmed novejših, nama je njegova programska oprema omogočala številne nove funkcije in lažje vodenje. Ima 6 osi, ki so narejene tako, da omogočajo večjo gibljivost kot pri ostalih robotih. Namen tega robota ni doseganje velike nosilnosti, temveč je optimiziran za doseganje čim višjih hitrosti delovanja in pospeškov različnih gibov, kar nam omogoča hitrejšo izdelavo v končni proizvodnji liniji. Posledično se to pozna pri količini narejenih izdelkov, kar pa močno poveča dobiček. Robot je zelo lahek, saj tehta le 126 kg. Zaradi številnih možnosti namestitve je zelo prilagodljiv. Montiramo ga lahko na tla, na strop in tudi na dodatno linearno os. Prednosti tega so, da zmanjšamo prostorske zahteve. Dodatna oznaka HW je krajšava za »hollow wrist«, kar pomeni, da ima robot med roko in zapestjem 50 mm odprtino. Ta odprtina nam omogoča, da skozi napeljemo dodatne kable, varilno žico in cevi za plin. Na spodnji sliki je ta odprtina tudi prikazana.



Slika 2: Hollow wrist

5.1 ZGRADBA ROBOTA

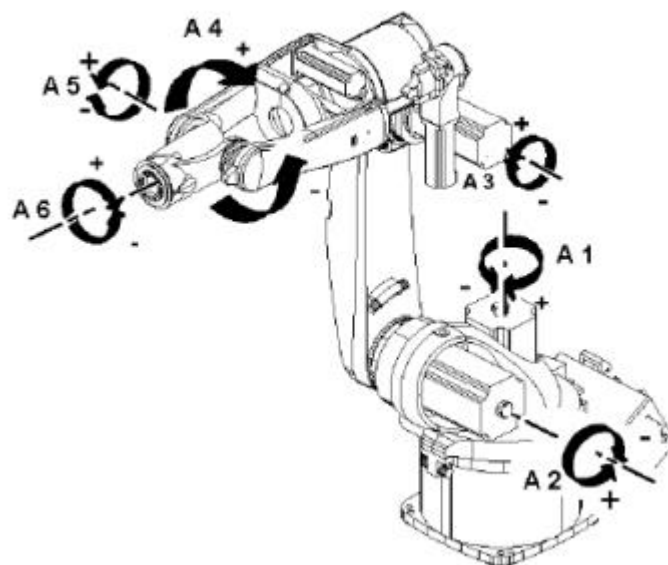
Tabela 1: Sestavni deli robota



Zap. št.	OPIS
1	Votla zapestna gred
2	Roka
3	Električna napeljava
4	Podnožje
5	Vrtljivi steber
6	Navpična roka

Slika 3: Zgradba robota

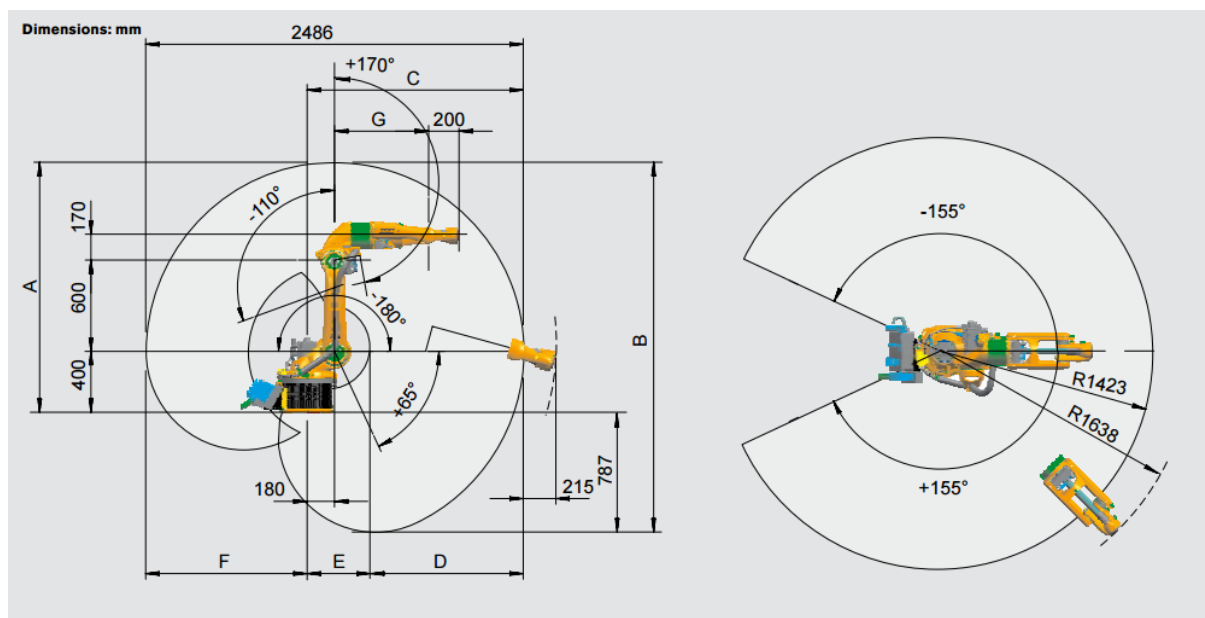
5.2 GLAVNE OSI VRTENJA



Slika 4: Smeri vrtenja osi

5.3 PROSTORSKI DOSEG ROBOTA

Točke, ki jih doseže vrh robota, definirajo delovni prostor robota. Za vrh je potrebno upoštevati končno delovno točko orodja ali prijemala, ki je nameščeno na roko robota.



Slika 5: Delovni prostor robota

Tabela 2: Neznane dimenzije

Dimenzija	Mera
A	1643 mm
B	2430 mm
C	1423 mm
D	967 mm
E	456 mm
F	1063 mm
G	620 mm

Prostorski doseg robota je 9.8 m^3 . Postavitev robota in vrtljive mize predstavlja v industriji zelo pomembno vlogo. Robot, zaradi svojih osi, ki so različno dolge, nima enakih amplitud po celi delovni površini. Kar pomeni, da mu moramo vrtljivo mizo, ali pa kakršen koli drugi obdelovalni kos postaviti na njemu najustreznejši razdalji. S tem pridobimo na hitrosti, prav tako pa tudi na gibljivosti samega robota med delovanjem.

5.4 TEHNIČNE SPECIFIKACIJE ROBOTA

Tabela 3: Tehnične specifikacije robota

Maksimalni doseg	1423 mm
Nosilnost	5 kg
Število osi	6
Možne točke montaže	tla, strop
Kontroler	KR C2 edition2005
Masa	126 kg
Stopnja IP-zaščite	IP56
Delovna temperatura	od +10 °C do +55 °C
Ponovljivost	±0,04 mm
Povezava	7.3 kVA
Stopnja hrupa	<75 dB



Slika 6: Varilni robot na ŠCC

6 KUKA SmartPAD-uporabniški vmesnik

KUKA SmartPAD je uporabniški vmesnik, ki ga uporabljamo za upravljanje in programiranje industrijskih robotov. Z drugimi besedami mu rečemo tudi HMI (Human-machine-interface) vmesnik. SmartPAD lahko uporabljamo s prsti ali s pisalom, saj ima zaslon, občutljiv na dotik. Mogoče ga je upravljati tudi na 6D-miško ali tipkovnico. Na njem ima uporabnik v vsakem trenutku delovanja vse potrebne informacije izvajanja programa, ki je programiran v programskem jeziku KRL (Kuka-Robot-Language).



Slika 7: Sprednja stran SmartPAD-a

Tabela 4: Glavni deli SmartPAD-a, sprednja stran

Št.	Opis	Št.	Opis
1	Tipka za vklop in izklop	8	Tipka za prikaz menija
2	Stikalo za izbiro načina delovanja	9	Tehnološke tipke za nastavitev parametrov
3	Zaustavitev v sili – varnostna gobica	10	Tipka za koračno izvajanje programa
4	6D-prostorska miška	11	Tipka za koračno izvajanje programa v obratni smeri
5	Tipke za ročno upravljanje robota	12	Tipka za zaustavitev programa
6	Tipka za nastavitev hitrosti programa	13	Tipka za prikaz tipkovnice
7	Tipka za nastavitev hitrosti ročnega vodenja robota		



Slika 8: Zadnja stran SmartPAD-a

Tabela 5: Glavni deli SmartPAD-a, zadnja stran

Št.	Opis
1	Tipka prisotnosti
2	Tipka za koračno izvajanje programa
3	Tipka prisotnosti
4	USB-vhod
5	Tipka prisotnosti
6	Identifikacijska nalepka

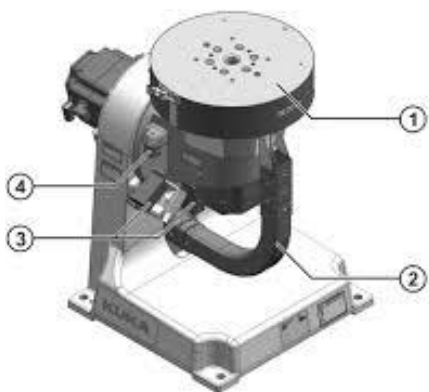
7 VRTLJIVA MIZA KUKA DKP-400

Vrtljiva miza KUKA DKP-400 ima dve osi, ki sta krmiljeni z dvema servomotorjema moči 3 kW in 5 kW. Velika prednost servomotorjev je, da v vsakem trenutku vedo, kje se nahajajo, prav tako pa jih odlikuje izjemna natančnost pozicioniranja. Naš robot KUKA KR5-2 HW je preko profi-net komunikacije povezan z mizo, kar nam omogoča, da je robot vseskozi informiran o položaju vrtljive mize.

Tabela 6: Tehnični podatki vrtljive mize Kuka DKP-400

Montažni položaj		Tla
Nazivna nosilnost		400 kg
Najmanjši čas pospeševanja	Rotacijska os:	0.4 s
	Nagibna os:	0.6 s
Obračalni obseg	Rotacijska os:	$\pm 190^\circ$
	Nagibna os:	$\pm 90^\circ$

Sestava mize DKP-400:



Slika 9: Vrtljiva miza Kuka DKP-400

1. Vrtljiva miza
2. Profi-net kabli
3. 3 kW servomotor za rotacijo okoli Y-osi
4. 5 kW servomotor za rotacijo okoli X-osi

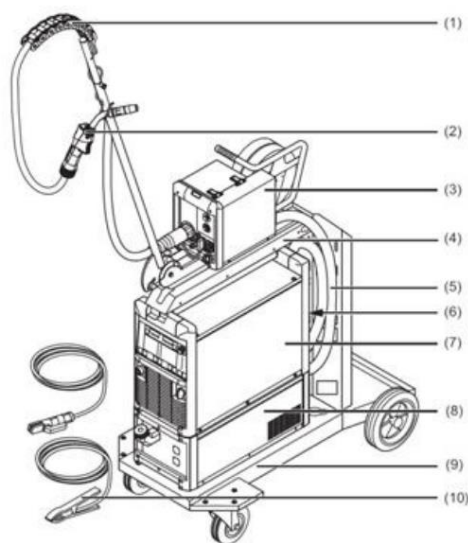
8 FRONIUS TRANSPULS SYNERGIC 4000

Varilni izvor je popolnoma digitaliziran in mikroprocesorsko nadzorovan. Omogoča nam MIG/MAG-varjenje in tudi TIG-varjenje. Z varilnim tokom do 400 A izvor dosega najvišje standarde in zahteve današnje avtomobilske, gradbene in ladjedelniške industrije. Primeren je za ročno varjenje, ročno varjenje z elektrodo in za montažo na robota. Zaradi digitalnega nadzora varjenja je ponovljivost popolna. Preprečuje, da bi varilni tok stekel po ozemljitvenem vodniku, kar bi uničilo ozemljitveni sistem. Vgrajen ima inverter s tehnologijo, ki varčuje z energijo, je manjših dimenzij in učinkovitejši. Ima pametno »synergic« funkcijo, ki nam omogoča, da izberemo le material, ki ga bomo varili in debelino le tega, potem nam izvor samostojno določi optimalne varilne parametre. Prednost tega varilnega aparata je sposobnost shranjevanja in spreminjanja željenih nastavljenih parametrov. Shranjujemo jih po številkah od 1 do 99, imenujejo pa se JOB-i. Pri programiranju novega JOB-a lahko na nadzorni plošči nastavljamo tok, debelino, material in hitrost pomika varilne žice, debelino in material obdelovanca, delovno napetost, varjenje z virom pulznega ali enosmernega toka itd.



Slika 10: Varilni izvor TransPuls Synergic 4000

8.1 ZGRADBA



Slika 11: Zgradba in sestavni deli izvora

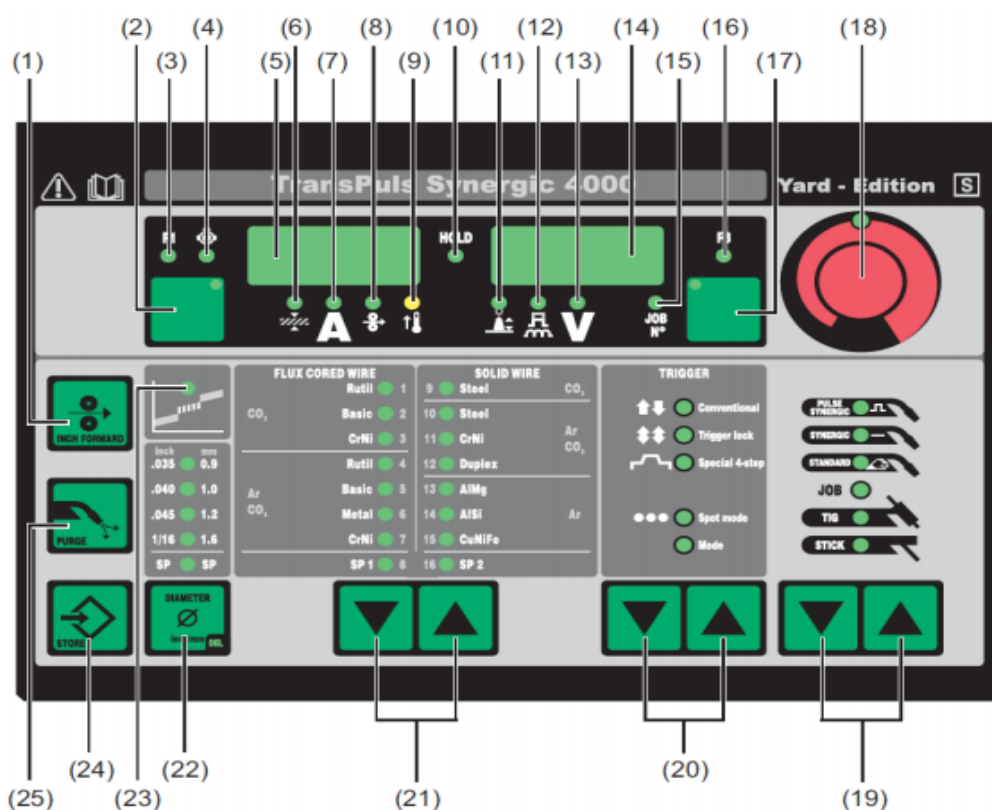
Tabela 7: Sestavni deli varilnega izvora

Zap. Št.	OPIS
1	Cev za dovod plina in varilne žice
2	Varilna pištola
3	Podajalnik varilne žice
4	Nosilec podajalnika varilne žice
5	Povezovalna cev
6	Dodatni priključki za robota
7	Vir energije
8	Enota za hlajenje
9	Voziček in nosilec jeklenke
10	Ozemljitev

8.2 TEHNIČNE SPECIFIKACIJE

Tabela 8: Tehnične specifikacije varilnega izvora

Priključna napetost	3-fazna, 400 V, 50 Hz
Varovalka priključne napetosti	35 A
Moč povezave	12,2 kVA
Cos φ	0,99
Izkoristek	88 %
Varilni tok pri MIG/MAG	3–400 A
Varilni tok pri TIG	3–400 A
Varilni tok pri varjenju z elektrodo	10–400 A
Delovna napetost pri MIG/MAG	14,2–34 V
Delovna napetost pri TIG	10,1–26 V
Delovna napetost pri varjenju z elektrodo	20,4–36 V
Stopnja IP-zaščite	IP23
Masa	35,2 kg
Dimenzije (d/š/v)	625/290/475 mm



Slika 12: Nadzorna plošča

Tabela 9: Glavni deli nadzorne plošče varilnega izvora

1	Tipka za nastavitve podajanja žice	14	Desni digitalni prikazovalnik
2	Tipka za izbor parametrov	15	Številska opravila
3	F1-prikazovalnik	16	F3-prikazovalnik
4	Prikazovalnik podajanja žice	17	Tipka za izbor parametrov
5	Levi digitalni prikazovalnik	18	Tipka za nastavljanje
6	Prikazovalnik debeline obdelovanca	19	Tipki za izbiro procesa
7	Prikazovalnik varilnega toka	20	Tipki za izbiro načina varjenja
8	Prikazovalnik hitrosti podajanja žice	21	Tipki za izbiro materiala
9	Prikazovalnik pregrevanja	22	Tipka za premer žice
10	HOLD-prikazovalnik	23	Prikazovalnik vmesnega obloka
11	Prikazovalnik dolžine obloka	24	Tipka za nastavitve
12	Prikazovalnik korekcij	25	Tipka za preizkus plina
13	Prikazovalnik varilne napetosti		

8.3 PROGRAMIRANJE JOB-ov

KORAK 1

Preden se lotimo nastavljanja parametrov oz. JOB-ov, moramo najprej v nastavitvah robota aktivirati določene bite, da lahko varilni izvor upravljamo med delovanjem robota.

To storimo tako, da v levem zgornjem kotu na SmartPAD-u kliknemo na ikono robota, kjer se nam odprejo nastavitve.



Slika 13: Korak 1

Ko se nam odprejo nastavitve, kliknemo na:

1. Display
2. Inputs/Outputs
3. Digital Inputs/Outputs

Nato kliknemo na zavihek Outputs, ki se nahaja pod tabelo z biti. Odpre se nam nova tabela, kjer vidimo vse bite na izhodih.

Aktivirati moramo bite št. 2, 3, 4 in 12. To storimo tako, da enostavno izberemo bit s klikom nanj, pridržiimo tipko enable na smartPAD-u in kliknemo »Value«. Tako se na bitu pojavi rdeča pika, kar pomeni, da je bit aktiviran. Ko so aktivirani biti 2, 3, 4 in 12, lahko pričnemo z nastavljanjem same naprave.

KORAK 2

Ko so biti nastavljeni, lahko začnemo z nastavljanjem JOB-ov na varilnem izvoru. Najprej moramo nastaviti vrsto varjenja. To naredimo s pritiskom tipke »gor/dol«, ki se nahaja pod možnimi načini varjenja, kot je prikazano na sliki.



Slika 14: Korak 2

Tukaj lahko izbiramo med impulznim varjenjem (s frekvenco) in varjenjem z enosmernim tokom (brez frekvence).

KORAK 3

Sedaj lahko pričnemo z nastavljanjem samih parametrov JOB-a. To storimo s tipkami, kot je prikazano na spodnji sliki.



Slika 15: Korak 3

Z izbirno tipko se pomikamo po različnih parametrih. Prav tako lahko uporabimo zeleno tipko, ki je na levi, da se pomikamo še po ostalih parametrih.

KORAK 4

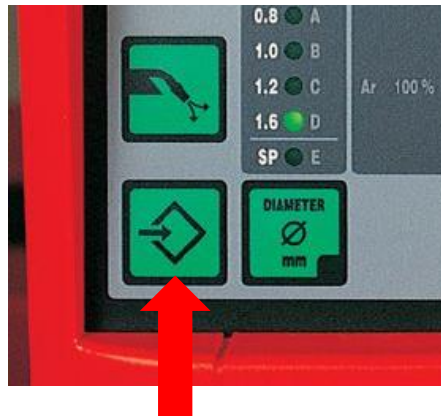
Ko smo se s tipko postavili na parameter, ki ga želimo spremeniti oz. nastaviti, pa le tega lahko spremenimo z vrtiljivim gumbom, ki se nahaja v desnem zgornjem kotu, kot je prikazano na spodnji sliki.



Slika 16: Korak 4

KORAK 5

To je zadnji korak, v katerem moramo parametre, ki smo jih spremenili oz. nastavili, shraniti v določen JOB, ki ga lahko robot prebere in ga uporabi pri varjenju v določenem programu. To storimo tako, da kliknemo na tipko v levem spodnjem kotu, kot je prikazano na spodnji sliki.



Slika 17: Korak 5

Ob pritisku te tipke se na napravi pojavi meni JOB-ov. Naprava sama določi številko JOB-a, ki je še prost. Da je JOB prost, je razvidno iz tega, da poleg številke piše »nPG«. Če zraven piše »PrG«, pomeni, da je JOB na tej številki oz. mestu že nastavljen. Zato moramo izbrati naslednjo številko.

Ko smo nastavili parametre in izbrali številko JOB-a, moramo le tega še shraniti, da ga lahko uporabimo na robotu.

Za shranjevanje nastavitve v JOB pridrži tipko, ki se nahaja v levem spodnjem kotu, kot je prikazano na zgornji sliki.

Ko stisnemo to tipko, se nam na displayu izpiše »Pro – [število JOB-a]«, kar pomeni, da je naprava v postopku programiranja. Tipko moramo držati tako dolgo, dokler se nam na displayu ne izpiše »PrG – [število JOB-a]«, kar pomeni, da so se parametri uspešno shranili v JOB. Sedaj lahko tipko izpustimo.

Na primer, če smo JOB shranili pod številko 16 in ga želimo pri varjenju z robotom uporabiti, moramo pri ukazu ArcON v programu stisniti na gumb, ki nam prikaže dodatne nastavitve. Pokaže se zavihek »JOB NUMBER«, kjer lahko izbiramo med vsemi JOB-i, ki smo jih na varilnem izvoru shranili. V našem primeru izberemo številko 16.

9 MIG/MAG-VARJENJE

MIG je postopek varjenja z golo varilno žico v zaščitni atmosferi plina, kar pomeni, da je varilna žica neoplaščena. MIG je okrajšava za *Metal Inert Gas*. Pri tem postopku uporabljamo zaščitni inertni plin argon. Postopek je primeren za varjenje visokolegiranih jekel, nerjavnih jekel, aluminija in njegovih zlitin ter bakra in njegovih zlitin.

MAG je postopek varjenja z golo varilno žico v zaščitni atmosferi plina, kar pomeni, da je varilna žica neoplaščena. MAG je okrajšava za *Metal Active Gas*. Pri tem postopku pa uporabljamo zaščitni aktivni plin CO₂ ali mešanico argona in CO₂. Postopek je primeren za varjenje konstrukcijskih jekel in tanjših pločevin, na primer v avto kleparstvu.



Slika 18: MIG/MA -postopek varjenja

Pri obeh postopkih potrebno toploto za taljenje materiala dobimo z električnim oblokom, ki gori med varilno žico in varjencem. Namesto oplaščene elektrode uporabljamo golo pobakreno varilno žico, navito na kolutu. Žica se med varjenjem tali kot material za dodajanje, zato jo s posebnim pogonom potiskamo v držalo elektrode. V držalo dovajamo poleg žice tudi električni tok in zaščitni plin. Žica med varjenjem štrli 10 do 15 milimetrov iz držala in mora biti iz istega materiala kot varjenec. Med varjenjem zaščitni plin obliva varilno žico in zvar. Plin stabilizira oblok in preprečuje oksidacijo zvara, podobno kot plašč elektrode pri elektroobločnem varjenju. Potisni mehanizem podaja žico z enakomerno hitrostjo v držalo. Varilna žica je navita na kolutu, zato je varjenje hitro in brez prekinitev, saj menjava elektrod ni potrebna. Kakovost zvara je boljša kot pri elektroobločnem varjenju, predvsem pa ni nobenega dela z odstranjevanjem žlindre.

Delo je zelo preprosto in se ga hitro privadimo. V primerjavi z opremo za elektroobložno varjenje je oprema nekoliko dražja, saj potrebujemo izvor električnega toka in jeklenko za plin, vendar se investicija zaradi naštetih prednosti kaj hitro povrne. Pri obeh postopkih uporabljamo za varjenje enosmerni tok. Prvi pol priključimo na varilno žico in drugega na varjenec. Potrebujemo varilno masko s temnim steklom, rokavice in primerno delovno obleko in obutev. Prostor, v katerem varimo, mora biti dobro zračen zaradi škodljivih plinov med varjenjem, vendar ne sme biti prepriha. Preprih lahko odkloni iztok zaščitnega plina. Zaradi tega ta postopek ni primeren za delo na prostem. Varilni stroji za varjenje po postopku MIG/MAG so narejeni tako, da lahko z enim strojem varimo po obeh postopkih. Zamenjamo jeklenko z zaščitnim plinom in stvar je opravljena.

Značilnosti obeh postopkov varjenja:

- Zelo dobra zaščita
- Nastane čist in gladek zvar
- Enostavna avtomatizacija
- Primerna za navarjanje

Tabela 10: Prednosti in slabosti obeh postopkov varjenja

PREDNOSTI		SLABOSTI	
MIG	MAG	MIG	MAG
Uporaben pri več vrstah jekel	Cenejši od MIG-postopka	Dražji zaščitni plin – argon	Slabše mehanske lastnosti

10 KUKA ARCTECH BASIC

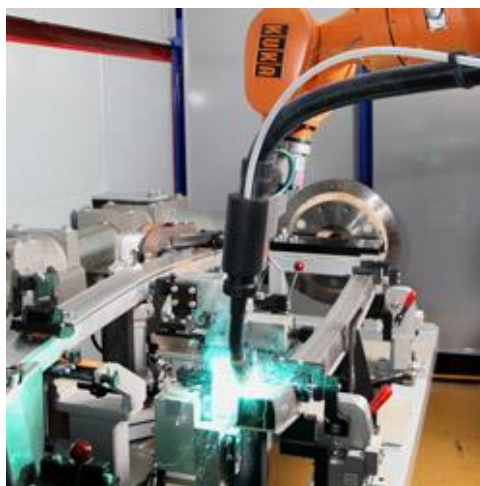
Vmesnik Kuka ArcTech Basic je programski paket, ki je narejen posebej za robote z aplikacijami varjenja. Zaradi svoje preprostosti in dostopnosti uporabniku nam precej olajša upravljanje in programiranje samega varilskega robota. Poveča programski paket KUKA KR C4 kontrolerja in omogoča nemoteno komunikacijo z virom napajanja.

ArcTech Basic paket za obločno varjenja nam omogoča naslednje funkcije:

- konfiguriranje moči varilnega izvora
- konfiguriranje do 4 varilnih načinov
- dodelitev parametrov na proces varjenja
- programiranje enostavnih varilnih nalog
- nastavljanje vžiga in varilnih napak
- mehansko tkanje za varjenje večjih praznin




Prednosti:

- samodejno dovajanje varilne žice
- zaščita varjenca na mestu varjenja proti oksidaciji
- varilni proces vsebuje GMA (gas-metal-arc) varjenje, TIG (tungsten-inert-gas) varjenje in plazma varjenje
- doseganje velikih hitrosti gibov in pomikov



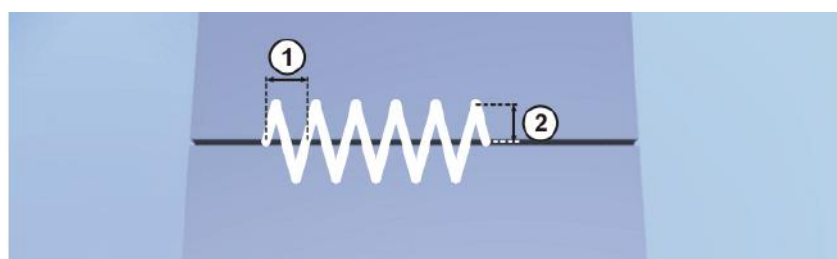
Slika 19: ArcTech varjenje

Pod dodatno programsko opremo KUKA ArcTech Basic spadajo tudi tipke na SmartPAD-u, ki nam močno olajšajo rokovanje z robotom in upravljanje samega programa pred varjenjem, med njim in po varjenju.

Prikaz stanja	Opis
	Tipka stanja za dovajanje varilne žice. Deluje samo takrat, kadar je varjenje prekinjeno. Držanje tipke PLUS dovaja varilno žico. Držanje tipke MINUS odvaja varilno žico.
	Varjenje je onemogočeno. Pritisk tipke aktivira možnost varjenja. Tipke ni mogoče pritisniti med varjenjem.
	Varjenje je omogočeno. Pritisk tipke deaktivira možnost varjenja. Tipko je mogoče pritisniti kadarkoli. Robot ob pritisku preneha z varjenjem

V mehanskem tkanju je tkalni gib kombiniran z gibom poti, tako da je zvar podoben šivu. Tkalni šiv je lahko uporabljen na primer, da zapolnimo odstopanje in praznine na obdelovancu. Med tkanjem je varilna šoba usmerjena v 2 smeri. Usmerjenost v kombinaciji s hitrostjo varjenja je rezultat zvara.

1. Dolžina šiva
2. Amplituda

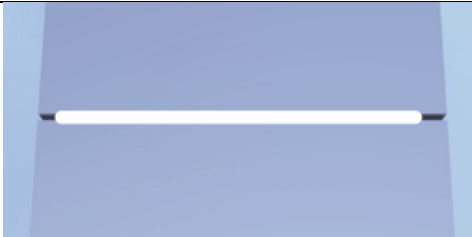
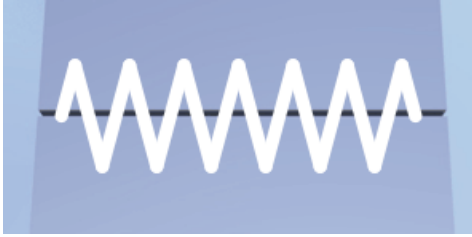

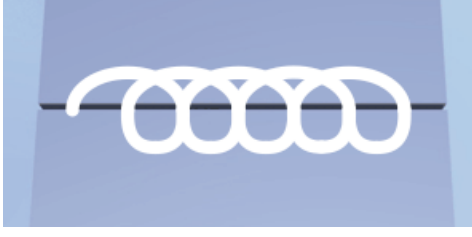


Slika 20: Parametri karakteristike zvara

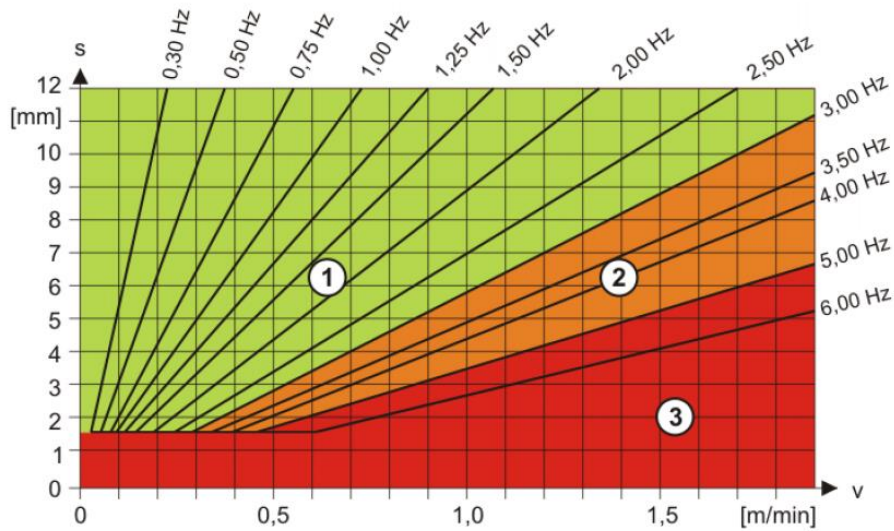
Obstajajo 4 vnaprej določeni vzorci tkanja. Oblika vzorca tkanja je odvisna od hitrosti varjenja. Hitreje je varjenje, bolj se približamo pravi obliki vzorca. Prav tako je oblika vzorca odvisna od parametrov, nastavljenih s strani uporabnika. Parametri, ki so nam na voljo, so tkalna dolžina in amplituda. Trajanje zvara je neodvisno od dolžine šiva in amplitude. Tkalna vzorca trapezoida in spirale sta rezultat neenakomerne hitrosti varjenja. Ta se lahko spreminja znotraj periode in se lahko poveča, odvisno od razmerja med nastavljeno amplitudo in dolžino šiva.

Vzorci tkanja:

Tabela 11: Tabela vzorcev tkanja

Ime	Vzorec tkanja
Brez tkanja	 <p>Brez defleksije varilne šobe</p>
Trikotni vzorec	 <p>Defleksija varilne šobe v eno smer</p>
Trapezoidni vzorec	 <p>Defleksija varilne šobe v eno smer</p>
Spiralni vzorec	 <p>Defleksija varilne šobe v dve smeri</p>

Frekvenca tkanja je odločilnega pomena za kakovost zvara in se izračuna glede na dolžino šiva in hitrosti varjenja. Največja možna frekvenca tkanja je odvisna od specifikacij robota, ki ga upravljamo.



Slika 21: Diagram frekvence varjenja

1. Dovoljeno območje
2. Kritično območje
3. Prepovedano območje

11 PROGRAMIRANJE

11.1 OSNOVNI GIBI

Programer navadno uporablja 3 osnovne oblike gibov. To so:

1) Osno specificirani gibi

- PTP (point-to-point): Robot se premika iz točke v točko po poti, ki je najkrajša in najhitrejša glede na osi. Izbere si jo sam.

2) Potno specificirani gibi

- LIN (linearni gib): Robot se pomika po ravni liniji glede na hitrost, ki smo mu jo določili.
- CIRC (cirkularni oz. krožni gib): Robot se premika po definirani krožnici glede na hitrost, ki smo mu jo določili. Pri tem moramo določiti še vmesno točko AUX in končno točko END.

11.1.1 PTP-gib



Slika 22: Ukaz za PTP-gib

11.1.2 LIN-gib



Slika 23: Ukaz za LIN-gib

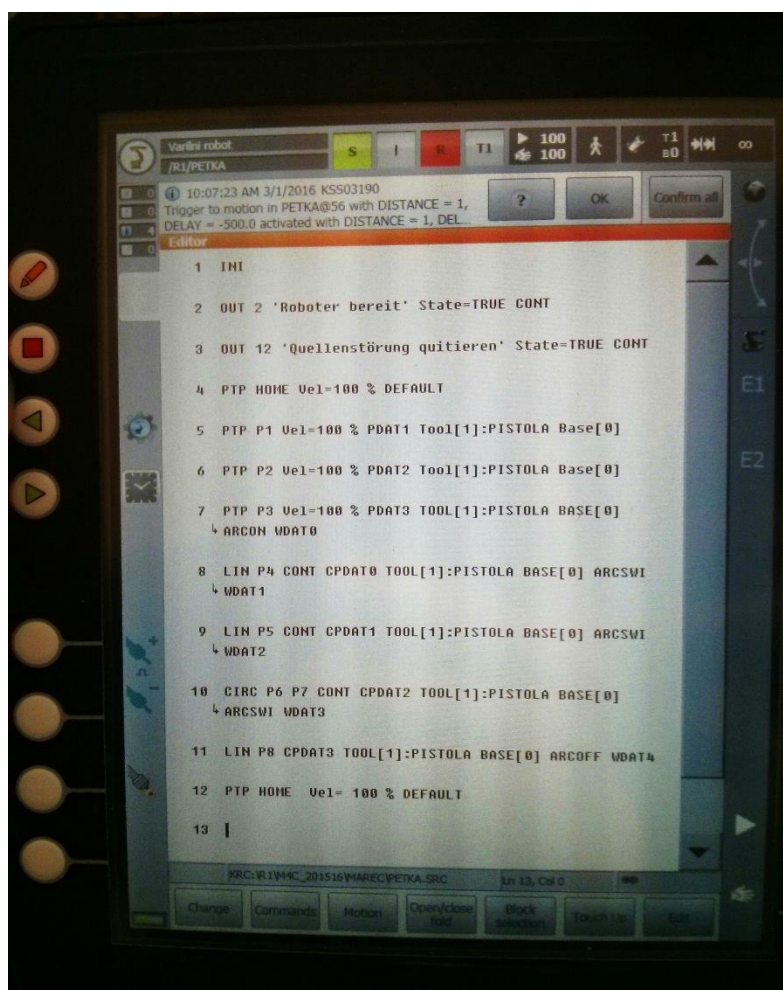
11.1.3 CIRC-gib



Slika 24: Ukaz za CIRC-gib

11.2 PRIMER PROGRAMA

Na spodnji sliki je primer programa, s katerim sva zavarila število 5. Za to število sva se odločila, saj njegova oblika zajema vse osnovne gibe. To so point-to-point gib (PTP), linearni gib (LIN), cirkularni gib (CIRC) in ukaz ArcSWITCH, ki nam omogoča spremembo giba brez prekinitve varjenja.



Slika 25: Primer programa

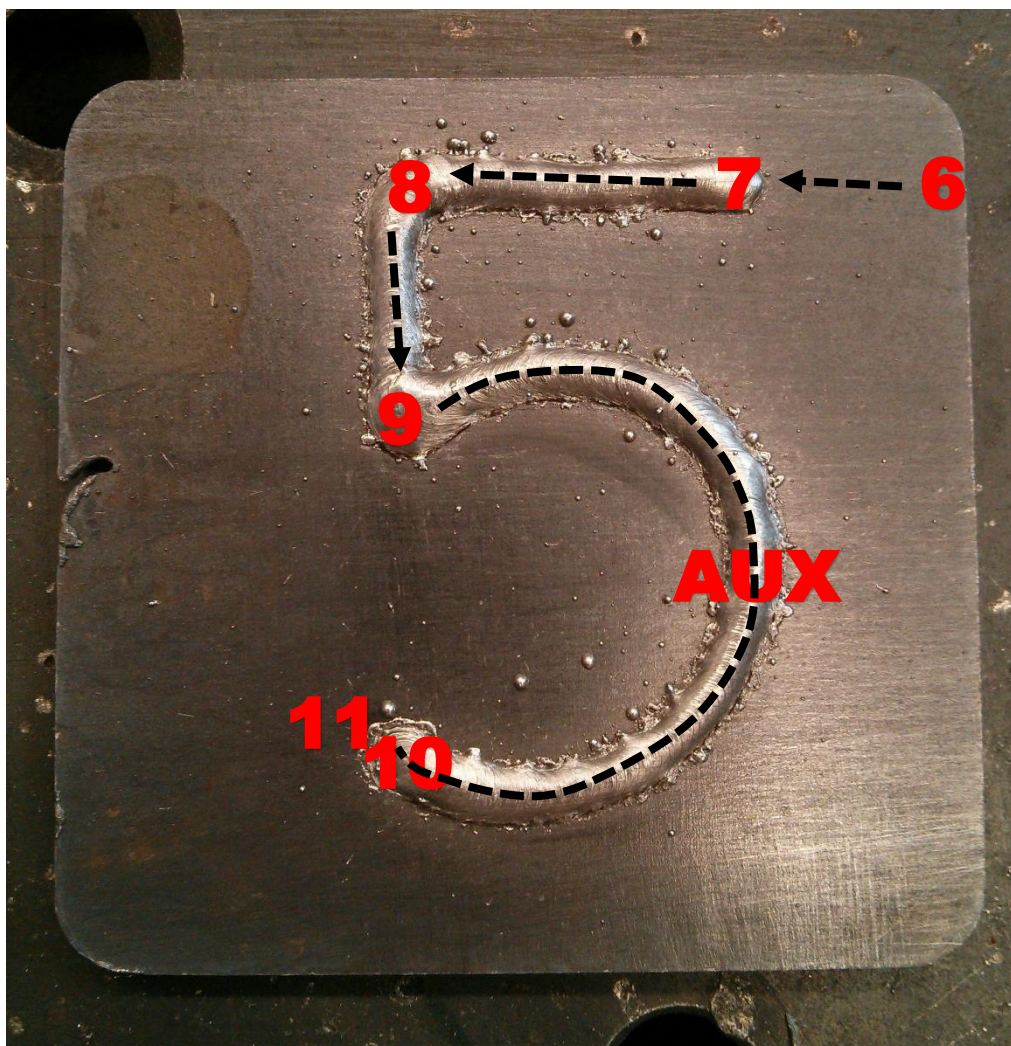
RAZLAGA PROGRAMA:

Najprej v programu vzpostavimo povezavo med robotom in njegovimi vhodi in izhodi. V najinem primeru je to varilni izvor Fronius. To sva storila v točkah 1, 2 in 3.

Nato robotu določimo »home« pozicijo, ki velja za najbolj optimalno točko za najhitrejšo izvršitev programa.

Potem se z robotom po poljubnih točkah približamo začetni točki varjenja. V najinem primeru sva to storila z dvema vmesnima PTP-točkama, ki sta razvidni na levi sliki pod številko 5 in 6.

Preostanek programa bova razložila s pomočjo slike dejanskega zvara.



Slika 26: Varjenje števila 5

Tabela 12: Opis programa



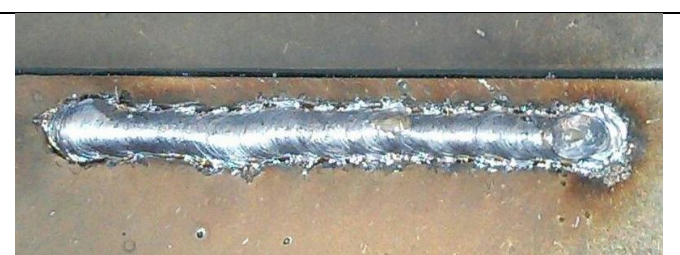
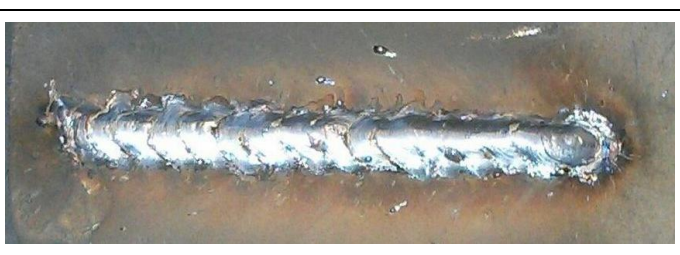
TOČKA	OPIS
6	PTP-gib, s katerim se približamo nad varjenec.
7	ArcON funkcija, s katero začnemo z varjenjem.
8	ArcSWITCH linearna funkcija, saj varjenja ne prekinemo.
9	ArcSWITCH linearna funkcija, saj varjenja ne prekinemo.
10	ArcSWITCH cirkularna funkcija, ki ji moramo določiti še vmesno AUX-točko.
11	ArcOFF funkcija, s katero varjenje zaključimo.

12 PRIMERJAVA ZVAROV

12.1 VZORCI TKANJA

Pri varjenju z KUKA KR 5-2 ARC HW imamo na voljo 4 vzorce tkanja, ki smo jih omenili že pri programski opremi Kuka ArcTech (Tabela 11). Ti so: vzorec brez tkanja, trikotni vzorec, trapezoidni vzorec in pa spiralni vzorec. Te vzorce sva med seboj tudi primerjala pri hitrosti 0,25 m/min pri čemer sva ugotovila, da se le ti med seboj pri takšni hitrosti ne razlikujejo veliko.





Tabela 13: Primerjava vzorcev tkanja

Vzorec tkanja	Slika
brez tkanja	
trikotni vzorec	
trapezoidni vzorec	
spiralni vzorec	

12.2 ZVARI V ODVISNOSTI OD HITROSTI

Glede na to, da se v proizvodnji uporabljajo najrazličnejše aplikacije varjenja ima pri tem zelo veliko vlogo tudi hitrost s katero varimo. Pri varjenju tanjših sten varjenca moramo paziti, da je hitrost višja kot hitrost pri varjenju debelejših sten, saj lahko pri napačnem vnosu parametrov pride do taljenja ali luknje v steni, kar bi podjetju naredilo ogromno škodo. Primerjave hitrosti varjenja sva izvedla v spiralnem vzorcu tkanja.

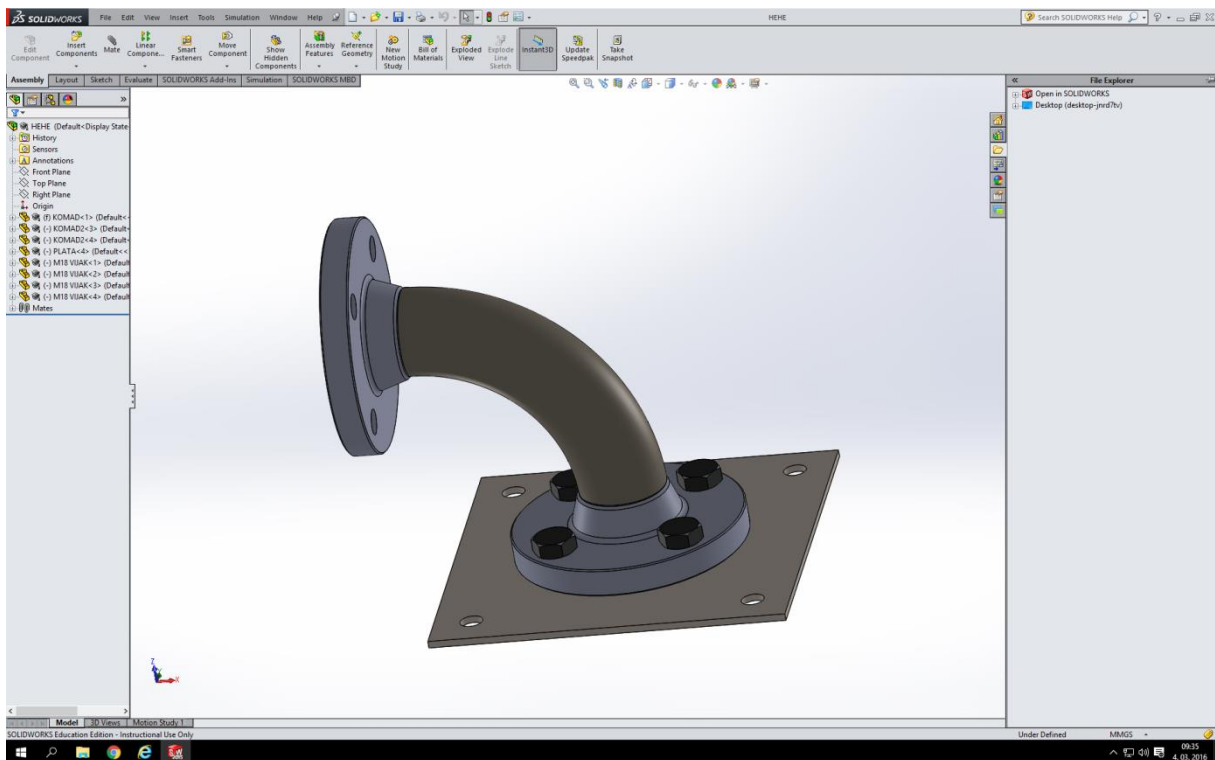
Tabela 14: Zvari v odvisnosti od hitrosti od varjenja

Hitrost varjenja	Slika
0.10 m/min	
0.25 m/min	
0.50 m/min	
0.80 m/min	

13 REALIZACIJA VARJENJA

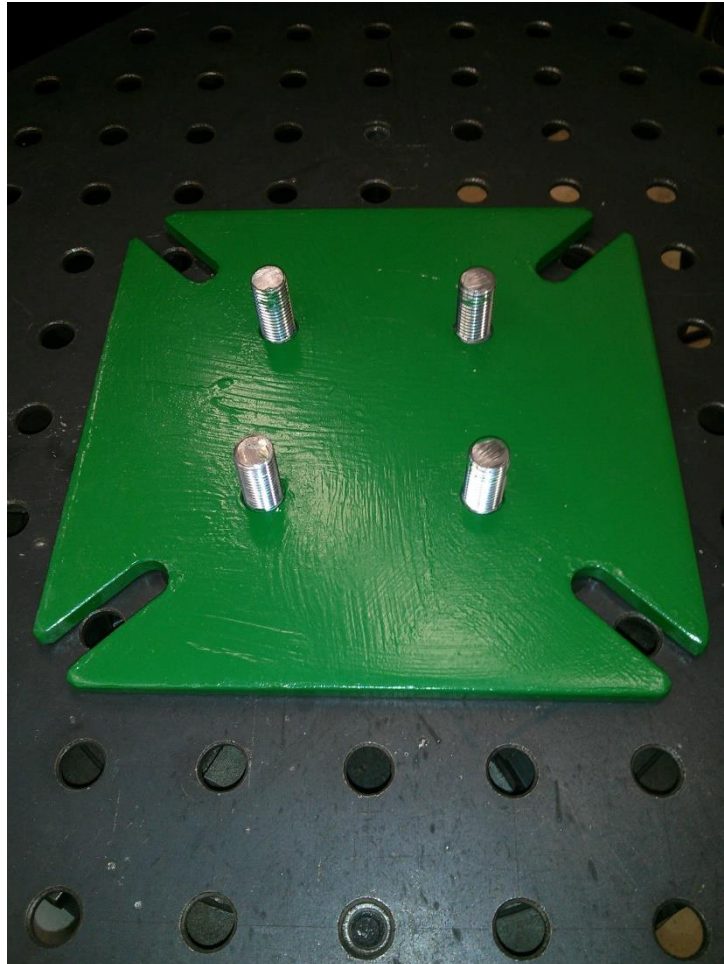
Da sva lahko projekt pripeljala do točke, kjer ga lahko dejansko izvedeva, sva morala najprej naši vrtljivi mizi KUKA DPK-400 prilagoditi ustrezno vpenjanje stikalnega bloka. Poleg varjenja samega kosa sva naredila tudi jekleno ploščo, na katero lahko sedaj obdelovance vpenjamo serijsko in z dokaj enostavno metodo, kar pomeni, da ni velikih izgub v času.

13.1 IZRIS VARJENCA V SOLIDWORKSU



Slika 27: Varjenec in priprava za vpenjanje na vrtljivo mizo

13.2 IZDELAVA PLOŠČE ZA VPENJANJE

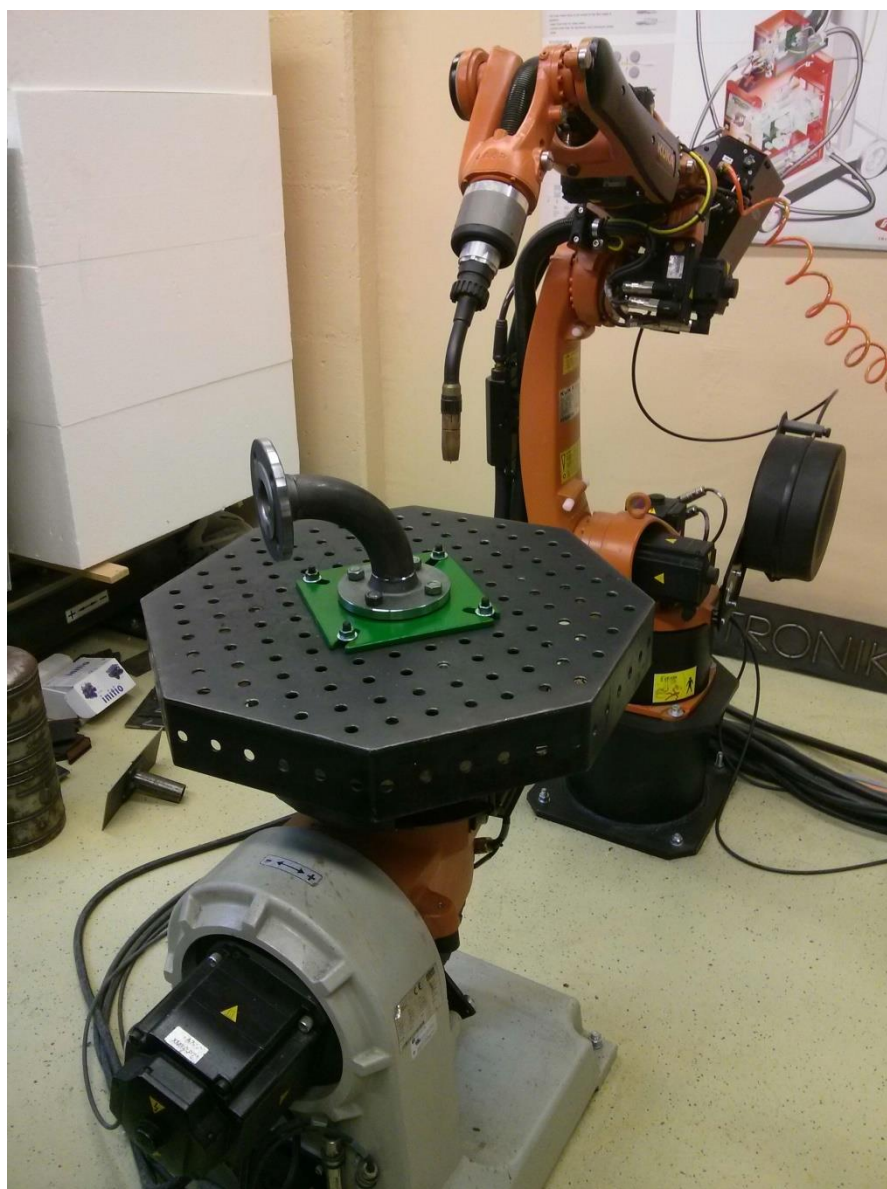


Slika 28: Podlaga za vpenjanje stikalnega bloka

Podlago za vpenjanje stikalnega bloka, ki jo vidimo na zgornji sliki sva izdelala iz jeklene plošče debeline 10 mm. Mere, ki sva jih izmerila na vpenjalni mizi, sva nato presesla na najino ploščo ter izvrtala luknje premera 16 mm. Na spodnjo stran sva še privarila vijake M16, ki nama omogočajo tesno vpenjanje najinega stikalnega bloka in hitro menjavo le tega.

13.3 VARJENJE STIKALNEGA BLOKA

Pri varjenju stikalnega bloka sva morala najti najbolj optimalne razmere, pri katerih je bila kvaliteta zvara na najvišjem možnem nivoju. Da sva videla, kako na kakovost zvara vplivajo hitrost in pa vzorec tkanja sva pred realizacijo varjenja naredila primerjave, ki so predstavljene v poglavju 12. To nama je močno olajšalo nadaljno delo pri varjenju stikalnega bloka, saj sva dojela bistvo nastavljanja različnih parametrov. Ugotovila sva, da nama najbolj optimalen zvar lahko uspe s postavitvijo vrtljive mize KUKA DPK-400 pod kotom 90° ter hitrostjo varjenja 0.25 m/min. Izbrala sva spiralni vzorec, saj je bila med varjencema velika praznina, ki jo je bilo potrebno zapolniti.

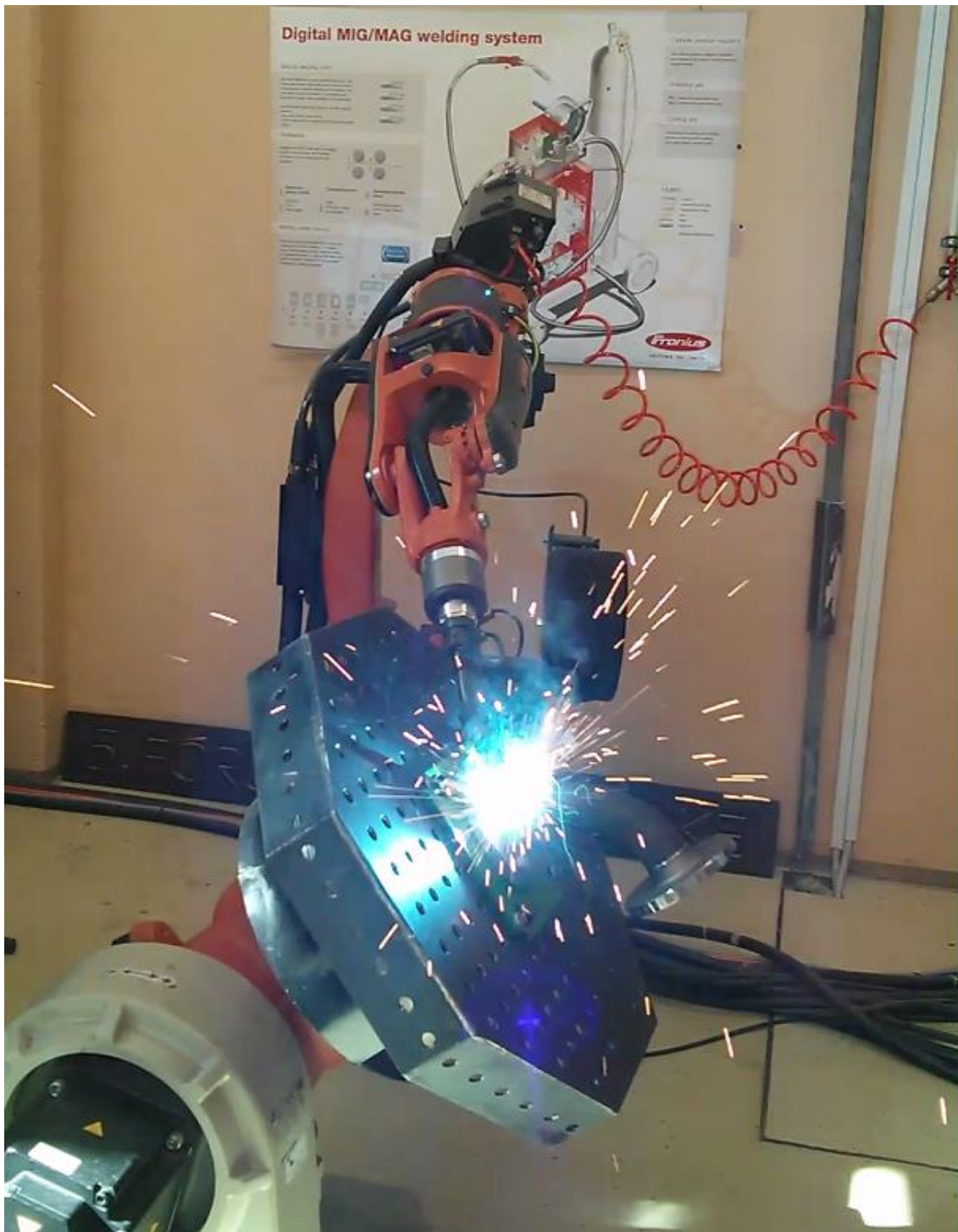


Slika 29: Vpenjanje stikalnega bloka

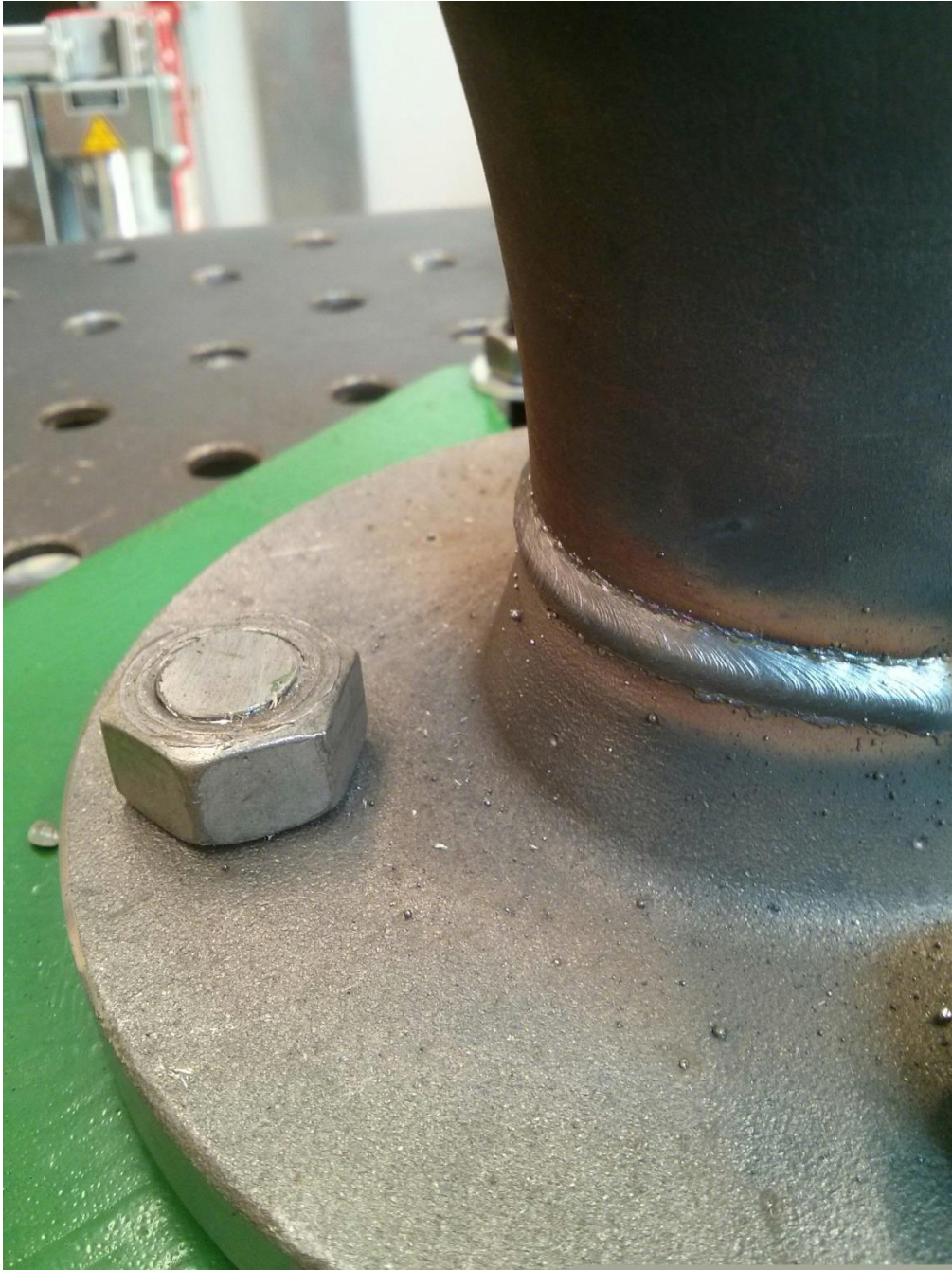


Slika 30: Optimalna postavitev za varjenje

Najbolj optimalna postavitev mize bi bila pod kotom 90° , vendar nam tega naša vrtljiva miza ne omogoča, saj se lahko nagiba le do 45° v vsako smer od centra. Problem sva rešila tako, da sva poleg mize nagibala tudi kot varilne pištole.

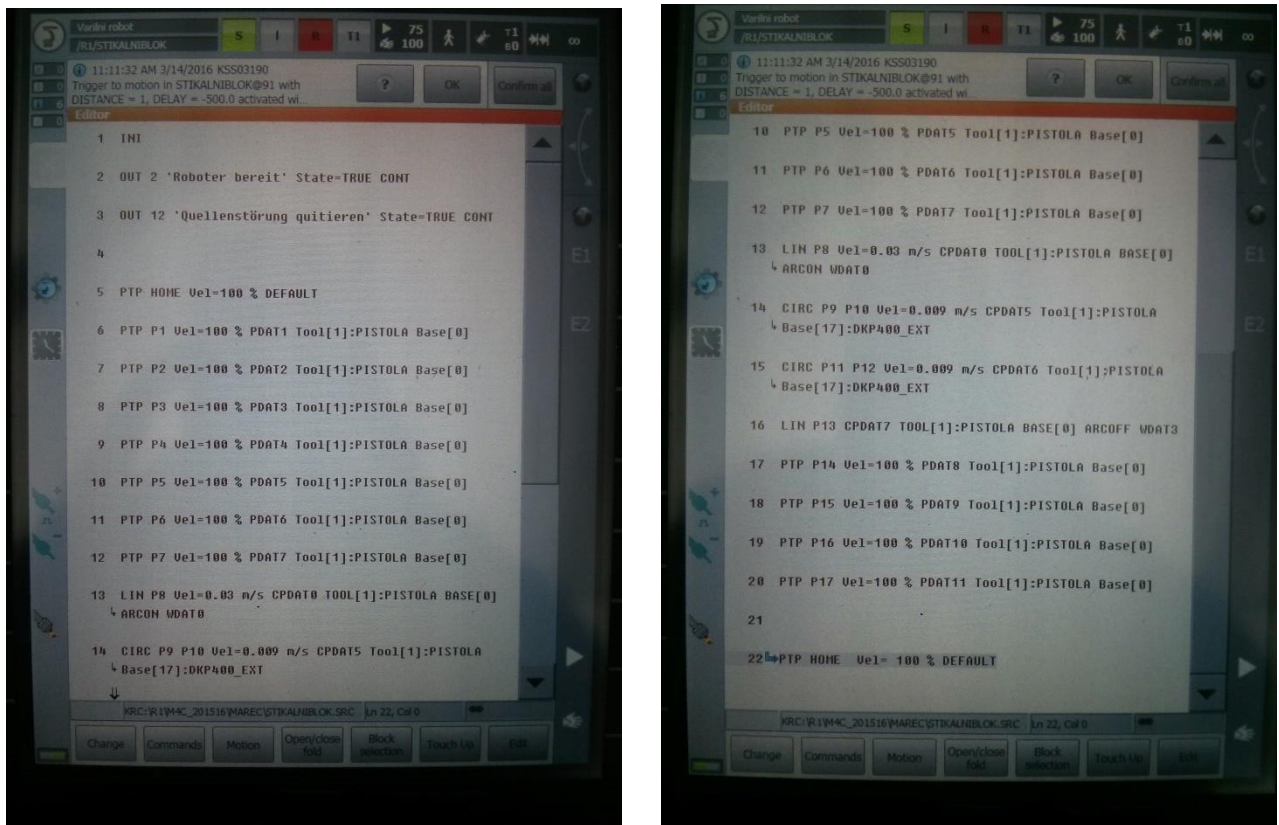


Slika 31: Varjenje stikalnega bloka



Slika 32: Oblika končnega zvara

13.3.1 PROGRAM VARJENJA STIKALNEGA BLOKA



Slika 33: Program varjenja stikalnega bloka






RAZLAGA PROGRAMA:

Najprej robota povežemo z varilnim izvorom, kot je prikazano v vrstici 2 in 3. Nato mu določimo točko home, katero izberemo sami in upoštevamo, da je čim bližje varjencu. Varilno mizo nagnemo pod kotom 45° in se z varilno pištolo v nekaj PTP točkah približamo prirobnici. Varjenje pričnemo s funkcijo ArcON, nato pa s funkcijo CIRC zavrtimo mizo za 360°. Pri tem moramo paziti, da je hitrost vrtenja primerna, saj vpliva na obliko zvara. S funkcijo ArcOFF nehamo variti in robota odmaknemo na varno razdaljo od stikalnega bloka z nekaj PTP točkami. Na koncu programa je točka HOME, s katero se miza postavi nazaj na vodoravno pozicijo.

14 ZAKLJUČEK

Pri izdelavi raziskovalne naloge sva morala uporabiti vse znanje, ki sva ga pridobila v štirih letih šolanja, prav tako pa sva znanje nadgradila z dodatnim raziskovanjem, brez katerega naloge ne bi izpeljala do konca. Na začetku nama je bilo jasno, da sva se lotila zahtevnega projekta, saj se pred tem z robotom še nisva srečala. Znanje sva postopoma nadgrajevala, na začetku leta sva spoznala osnove programiranja in gibe, nato pa sva iz tedna v teden varila vse zahtevnejše kose. Med delom sva naletela na veliko težav, katere brez pomoči najinih mentorjev in interneta ne bi rešila.

Tabela 15: Analiza zastavljenih hipotez

ANALIZA ZASTAVLJENIH HIPOTEZ	
	Varjenje stikalnega bloka je mogoče z robotom.
<i>Zaradi vrtljive mize in velike gibljivosti robota je realizacija varjenja stikalnega bloka mogoča</i>	
	Varjenje z robotom je hitrejše.
<i>Sposobnost dovajanja žice in plinov, kljub veliki hitrosti varjenja, omogoča varjenje z veliko hitrostjo</i>	
	Avtomatizacija poveča varnostni in zdravstveni standard.
<i>Varilcu ni potrebno vdihovati zdravju škodljivih plinov, prav tako mu ni potrebno gledati v snop svetlobe, ki jo ustvarja postopek varjenja.</i>	
	Robot dela 24 ur dnevno, kar je za človeka nemogoče.
<i>Robot lahko obratuje 24ur dnevno, kar je nemogoče za človeka, kljub trem smenam. Robot na začetku potrebuje samo programerja, ki ga sprogramira.</i>	
	Konstantna karakteristika zvara.
<i>Robot ima konstantno ponovitev gibov, kar pomeni, da vsak gib sledi programiranemu na začetku in je vseskozi na najvišjem nivoju.</i>	

15 ZAHVALA

Zahvaljujeva se svojima mentorjema, saj sta nama pomagala pri reševanju problemov, na katere sva naletela in naju med raziskovanjem vseskozi usmerjala in motivirala. S pomočjo njunega strokovnega znanja in spodbude sva uspela raziskovalno nalogo izpeljati do konca.

Zahvaljujeva se tudi vsem uporabnikom spleta, ki so svoje znanje delili na spletnih straneh in forumih ter nama pomagali odpraviti težave, s katerimi sva se soočala.

Prav tako bi se rada zahvalila profesorici, za lektoriranje najinega dela.

16 VIRI

- [1] BARTENSCLAGER, J. Mehatronika. Ljubljana: založba Pasadena, 2012
- [2] BAJD, T. in MIHELJ, M. Robotika. Ljubljana: Fakulteta za elektrotehniko, 2008
- [3] GLAMNIK, A. in VEBER, M. Robotika, interno gradivo 2016
- [4] KUKA.ArcTech Basic 1.0. Nemčija: KUKA Roboter GMBH, 2012
- [5] KUKA RoboTeam 1.0, dokumentacija, KUKA Roboter GMBH, 2013
- [6] Mehatronika. Ljubljana: Založba Pasadena, 2009.
- [7] WorkVisual 3.1, dokumentacija, KUKA Roboter GMBH, 2014
- [8] ARC WELDING ROBOTS (online). 2016. (citirano 8. 3. 2016). Dostopno na naslovu: http://www.kuka-robotics.com/en/products/industrial_robots/special/arc_welding_robots/
- [9] KR 5-2 ARC HW (online). 2016. (citirano 8. 3. 2016). Dostopno na naslovu: http://www.kuka-robotics.com/en/products/industrial_robots/special/arc_welding_robots/kr5_arc_hw/start.htm
- [10] Lastnosti zvarov (online). 2007. (citirano 8. 3. 2016). Dostopno na naslovu: <http://www.fs.uni-mb.si/UserFiles/10/File/6%20LASTNOSTI%20ZVAROV.pdf>
- [11] MIG-MAG-postopek varjenja (online). 2008. (citirano 8. 3. 2016). Dostopno na naslovu: <http://www2.sts.si/arhiv/tehno/varjenje/var15.htm>
- [12] TWO AXIS POSITIONER (online). 2016. (citirano 8. 3. 2016). Dostopno na naslovu: http://www.kuka-robotics.com/en/products/addons/positioner/2_axis/PA_Content_Dreh_Kipp_Positionierer.htm